

THESIS

MARBURG

19 69

Aus der Hals- Nasen- Ohren-Universitätsklinik Marburg

Direktor: Prof. Dr. med. J. Berendes

Vergleichende Untersuchungen zur Eignung des Audiokinetik-Tests für die Richtungsgehörprüfung

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Britta Mattern
aus Bielitz/Oberschlesien

Marburg 1969

Aus der Hals- Nasen- Ohren-Universitätsklinik Marburg
Direktor: Prof. Dr. med. J. Berendes

Vergleichende Untersuchungen zur Eignung des Audiokinetik-Tests für die Richtungsgehörprüfung

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Britta Mattern
aus Bielitz/Oberschlesien

Marburg 1969

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 10.2.1969

gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Dekan: Prof.Dr.med. W. Straub

Referent: Doz.Dr.med. H. Ganz

Correferent: Prof.Dr.med.,Dr.med.dent.habil. H. Heu

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung und Fragestellung	1
Untersuchungsgut und Methodik	5
Versuchsergebnisse	11
Diskussion der Versuchsergebnisse	22
Zusammenfassung	30
Abbildungen	31
Literaturverzeichnis	39

Einleitung und Fragestellung

Durch rotierende Hörreize lassen sich bei geschlossenen Augen bestimmte Bewegungen der Bulbi auslösen, die DODGE (1923) erstmals als nystagmusartige Augenbewegungen mit Augendeviationen in Drehrichtung beschrieben hat. HENNEBERT (1960) nannte diese akustische Reaktion der Bulbi "audiokinetischen Nystagmus".

Über Form und Auslösbarkeit geben Untersuchungen von GANZ und FEND (1967) Aufschluß. Hiernach lassen sich unter bestimmten Versuchsbedingungen folgende Bewegungsarten der Bulbi registrieren:

- 1) Augendeviationen, die in der Regel streng synchron zur Umdrehungsgeschwindigkeit verlaufen. Die nystagmographische Ableitung ergibt eine Sinuskurve.
- 2) Nystagmus mit phasenweise wechselnder Schlagrichtung. Meistens treten beide Bewegungsarten kombiniert auf. Sie können jedoch auch jeweils isoliert vorkommen.

HENNEBERT hielt die akustische Reaktion der Bulbi brauchbar für die objektive Hörprüfung. Er kam auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Schluß, daß der audiokinetische Nystagmus dem Willen nicht unterworfen sei und sich nur kurzzeitig durch Fixieren eines Punktes hemmen ließe. FEND sowie HUTH fanden jedoch, daß zwar mit und ohne aufmerksames Verfolgen der Prüfreize mit geschlossenen Augen die gleichen Reaktionen beobachtet werden können, daß diese aber ohne aktive Mitarbeit des Probanden sogar bei Dauerbeschallung noch viel zu inkonstant auftreten, als daß die Reaktion für eine objektive Hörprüfung verwertbar wäre.

Intensitätsunterschiede des Prüfschalles erwiesen sich entsprechend KEIDEL und Mitarbeitern innerhalb des Intensitätsbereiches 10 bis 60 dB als unwesentlich.

Kontinuierliches Rauschen als Prüfreiz scheint keine besseren Reaktionen auszulösen als unterbrochene Sinustöne (6/sec) unter 2000 Hz (HUTH).

Nach den Ergebnissen von GANZ, FEND und HUTH ist die audiokinetische Reaktion der Bulbi ein dem optokinetischen Nystagmus verwandtes Phänomen und an ein intaktes (binaurales) Richtungsgehör gebunden.

Versuche von GANZ und HUTH bei hochgradig einseitig Hörgestörten hatten nämlich ergeben:

- 1) eine Störung der subjektiven Bewegungsempfindung der Prüfreize: von 10 Probanden empfanden nur 2 die Kreisbewegung richtig, 8 dagegen konnten die Prüfreize nicht sicher orten.
- 2) eine erhebliche Störung der gewohnten gleichförmigen Bewegungskurve der Audiokinetik. Von den 10 Kurven lief keine der Prüfreizbewegung durchgehend synchron. 4 Probanden zeigten sogar trotz des Versuches, die Prüfreize zu verfolgen, überhaupt keine Reaktion im Nystagmogramm. Die Versuchspersonen "verloren" also meist die Prüfreize immer wieder mit den Augen bzw. waren gar nicht erst imstande sie zu fixieren.

Wir vermuten deshalb, daß unsere Versuchsanordnung auch zur Prüfung des Richtungsgehörs geeignet sein könnte.

Die vorliegende Arbeit soll versuchen zu zeigen, ob die von uns ausgearbeitete Methodik einer Prüfung der Audiokinetik für klinische Routineuntersuchungen des Richtungsgehörs brauchbar ist.

Dazu ist der Vergleich der Ergebnisse mit denen einer bereits erprobten Untersuchungsmethode des Richtungsgehörs notwendig. Wir wählten den Test nach MATZKER.

Zum besseren Verständnis soll kurz das Prinzip dieses Tests erläutert werden:

Die Methodik nutzt die Zeitdifferenzregistrierung zwischen beiden Ohren aus, die nach v. HORBOSTEL und WERTHEIMER den physiologisch wichtigsten Teilfaktor des Richtungshörens darstellt. Intensitäts- und Klangfarbendifferenzen spielen für das binaurale Richtungshören eine untergeordnete Rolle. Eine umfassende Übersicht hierzu hat RÖSER 1960 gegeben. Schallquellen, die in der Medianebene des Kopfes liegen, haben keine Lautzeitdifferenzen zu beiden Ohren. Es resultiert Mitteneindruck. Mit zunehmender Laufzeitdifferenz verlagert sich der Schalleindruck immer mehr zur Seite des zuerst erregten Ohres. Die maximale Zeitdifferenz von 0,63 msec (v. HORBOSTEL- WERTHEIMER'sche Konstante) entspricht einer genau seitlichen Lokalisation der Schallquelle. Beim Test nach MATZKER werden jedem Ohr über Kopfhörer genau gleiche Schallreize (in der Regel unterbrochene Sinustöne) angeboten. Über eine elektrische Verzögerungskette können die Impulse wahlweise auf dem rechten oder linken Ohr verzögert eintreffen. Diese Verzögerung beginnt bei 0,035 msec und kann in 9 Stufen bis zu 0,648 msec (=ungefähr v. HORBOSTEL- WERTHEIMER'sche Konstante) erhöht werden. Bei der größten Verzögerung (Skalenpunkt 9) soll die untersuchte Person die Schallquelle genau seitlich empfinden, bei den geringsten Verzögerungen (Skalenpunkt 1 oder 2) dagegen entsteht normalerweise schon Mitteneindruck für die Schallquelle.

Man kann die Schallreize variieren, d.h. sie als Dauertöne oder Impulse mit 4-, 6-8-maliger Unterbrechung pro sec geben. Wir wählten das Standardvorgehen mit 6 Impulsen/sec. Für die Prüfung der Audiokinetik hatten wir ja ebenfalls 6 Impulse/sec. gegeben. Der MATZKER-Test, im Folgenden nach der Apparatur auch Mediophon-Test genannt, wurde bei unseren Versuchen in verkürzter Form durchgeführt, d.h. wir prüften nur mit Tönen bis zu 2000 Hz hinauf. Der Audiokinetik-Test endet ja auch bei 2000 Hz. Im übrigen sind höhere Töne ohnehin so schlecht lokalisierbar, daß sie nur untergeordnete Bedeutung haben können.

Für jeden der beiden Kanäle getrennt kann eine Verstärkung oder Abschwächung der Intensität vorgenommen werden,

um Hörleistungsdifferenzen zwischen beiden Ohren auszugleichen (Eichung). So wird - in gewissen Grenzen - auch die Untersuchung von Patienten mit asymmetrischer Hörstörung beider Seiten möglich.

Untersuchungsgut und Methodik

=====

Versuchspersonen:

Es wurden insgesamt 89 Personen beiderlei Geschlechtes im Alter von 10 bis 73 Jahren untersucht. 38 Probanden stammten aus den Altersgruppen von 15 bis 30 Jahren. Es handelte sich um leicht kranke Patienten der Klinik oder um gesunde Freiwillige.

Von den 89 Versuchspersonen waren:

1) Normalhörende 60

2) Schwerhörige 25

a) einseitig hochgradig Hörgestörte: 5

Hier bereitete die Durchführung des MATZKER-Testes stets große Schwierigkeiten. Mehrfach gelang es nicht, bei der Eichung des Gerätes (Veränderung des dB- und Balance-reglers vor jeder neuen Frequenzuntersuchung) für Einstellung 0 Mitteneindruck zu erzielen. Die kleine Versuchsserie lief nur am Rande mit und war lediglich als Ergänzung der Versuche von HUTH gedacht.

b) doppelseitig Schalleitungsschwerhörige: 16

davon Otosklerosen 6

chron. Mittelohr-
eiterung 8

Mißbildungen des
Schalleitungsapparates 2

c) doppelseitig Schallwahrnehmungsgestörte: 4

Nach HIRUKAWA sowie RÖSER ist das Richtungsgehör bei der symmetrischen Schallempfindungsstörung häufig wesentlich besser als bei entsprechender Schalleitungsschwerhörigkeit. Deshalb mußten wir die Gruppen 2b) und 2c) trennen.

3) Normalhörige mit zentraler Störung
des Richtungsgehörs: 4

Untersuchungsgang und Versuchsanordnung

I. Bei allen Versuchspersonen wurde nach einer Trommelfellbefundkontrolle ein Tonschwellenaudiogramm (beidseitig Luftleitung) angefertigt. So konnten wir uns bei sogenannten "Normalhörigen" davon überzeugen, ob die Hörschwelle wirklich im Normbereich lag und auf beiden Seiten symmetrisch verlief. Bei Hörstörungen war ebenfalls die Symmetrie oder Asymmetrie beider Seiten wichtig. Nach RÖSER bleibt ja die Lokalisationsfähigkeit bei Patienten mit einer symmetrischen Hörstörung verhältnismäßig gut erhalten, während die Störung des Richtungsgehörs mit zunehmender Asymmetrie der Schwerhörigkeit immer ausgeprägter wird.

II. wurde bis auf die Kurzdrehung ein vollständiges klinisches Elektronystagogramm angefertigt.

Wir konnten so einerseits unerwünschte vestibulär pathologische Fälle ausschließen, andererseits auch das Verhalten des vestibulären, experimentellen Nystagmus sowie des optokinetischen Nystagmus mit studieren. Das Elektronystagogramm setzte sich aus folgenden Einzeluntersuchungen zusammen:

- a) Nystagmusprüfung mit offenen Augen (Blickrichtungs-nystagmus)
- b) Suche nach Spontan-nystagmus bei geschlossenen Augen.
- c) Pendelversuch.
- d) Prüfung des optokinetischen Nystagmus mit laufendem Lichtstreifen, horizontal mit 60° und $120^\circ/\text{sec}$, vertikal mit $60^\circ/\text{sec}$.
- e) Langdrehung.

Während des Andrehens registrierten wir den perrotatorischen Nystagmus, um nach Erreichen der konstanten Drehgeschwindigkeit von $60^\circ/\text{sec}$ mit dem Abspielen der Hörreize zu beginnen. Wir warteten das Abklingen des perrotatorischen Nystagmus bzw. gegebenenfalls das Aufhören des umgeschlagenen perrotatorischen Nystagmus (2. Phase) ab, bevor das Tonband eingeschaltet wurde. Dadurch wollten wir eine störende Über-

lagerung von audiokinetischem und perrotatorischem Nystagmus nach Möglichkeit vermeiden. Nach Abspielen des Tonbandes wurde während der Drehung durch Aufforderung zum Öffnen der Augen der optokinetische Nystagmus kontrolliert. Dann wurde der Drehstuhl gestoppt und die 1. und 2. Phase des postrotatorischen Nystagmus registriert.

III. wurde die Audiokinetik während konstanter Umdrehung geprüft. Wir behielten wieder den grundsätzlichen Aufbau der Versuchsanordnung von GANZ, FEND und HUTH bei. Wie bereits früher (FEND) ausgeführt wurde, ist es ohne Bedeutung, ob der Hörreiz um den Kopf der Versuchsperson kreist oder ob die Versuchsperson während einer vestibulär indifferenten Eigendrehung beschallt wird (ADAMS).

Apparatur:

Wir verwendeten den elektrischen Drehstuhl nach TÖNNIES, auf dem der Proband mit einer Beschleunigung von $1^{\circ}/\text{sec}^2$ langsam auf eine konstante Drehgeschwindigkeit von $60^{\circ}/\text{sec}$ gebracht wurde.

Als Schallquelle diente ein Isophon-Hochleistungssprecher (Typ Orchester), der in Kopfhöhe des Probanden in einem Abstand von 70 cm, bezogen auf die Kopfmitte, hängend angebracht war. Hörreize waren folgende Tonbandkonserven:

- 1) Audiometertöne 250, 500, 1000, 2000 Hz, 6 Impulse pro sec, Dauer je 20 sec, mit einer Pausendauer zwischen den einzelnen Tönen von ebenfalls 20 sec. Damit wurden insgesamt 47 Probanden geprüft: 35 Normalhörige, 5 einseitig und 7 doppelseitig Hörgestörte.

- 2) Kontinuierliches weißes Rauschen (white noise) von 4 mal 20 sec mit einer Pausendauer von 20 sec zwischen den einzelnen Reizungen; untersucht wurden 25 Normalhörige.
- 3) Audiometertöne wie bei 1) und anschließend 2 mal weißes Rauschen wie 2); verwendet bei 13 doppel-seitig Hörgestörten und 4 Normalhörigen mit zentraler Störung des Richtungsgehörs.

Der Störschallpegel im schallrückwurffarmen Vestibularisprüfraum der Klinik, in dem unsere Untersuchungen durchgeführt wurden, lag um 38 dB. Um diesen Störschall möglichst auszuschalten, brachten wir am Drehstuhl ein Batterietonbandgerät an, das ein mitrotierendes "white noise" (ungefähr 40 dB) lieferte. So erhielten wir während der Hörreizpausen die erwünschten ruhigen Kurvenabläufe, da die Ablenkung durch nicht mitrotierende Nebengeräusche jetzt viel geringer war. Traten doch noch Reaktionen im Nystagmogramm aufgrund irgendwelcher Nebengeräusche auf, so wurde dies vermerkt. Die Probanden wurden dann aufgefordert, nur auf die Prüfreize zu achten.

Es wurde ebenfalls darauf geachtet, daß der Raum gleichmäßig halbdunkel war, da eine einzelne starke Lichtquelle bei besonders aufmerksamen Probanden trotz geschlossener Augen optokinetischen Nystagmus hervorrufen kann, der sich mit dem audiokinetischen überlagert.

Die Prüflautstärke wurde vor jedem Versuchsbeginn so einreguliert, daß die Prüfreize trotz des mitrotierenden "white noise" vom Probanden gut gehört werden konnten, d.h. etwa 15 bis 20 dB über dem Verdeckungsgeräusch

lagen. Die Probanden wurden zu Beginn des Versuches aufgefordert, aufmerksam darauf zu achten, ob und in welcher Form (Kreis, Ellipse, Pendel usw.) sich der Hörreiz bewegte. Sie sollten weiterhin die Bewegung der Prüfreize mit geschlossenen Augen genau zu verfolgen versuchen.

Verlief die Nystagmogrammkurve während des Versuchs atypisch, so erfolgte ein nochmaliger, erklärender Hinweis. Besonders bei Kindern und wenig intelligenten Probanden war es ja möglich, daß atypische Kurvenabläufe nicht durch eine Störung des Richtungshörens zustandekamen, sondern durch ein Mißverständnis oder durch Desinteresse. Der klärende Hinweis führte in diesen Fällen meist doch noch zu verwertbaren Nystagmogrammkurven.

Erschienen kleine Pendeldeviationen im Nystagmogramm (Ermüdung), so versuchte die Untersucherin mit ein paar aufmunternden Worten den Probanden wieder für den Versuch zu interessieren.

Im übrigen verhielt sich die Untersucherin ruhig, um die Versuchsperson nicht unnötig abzulenken.

Registrierung

Zur Aufzeichnung diente der Elektronystagmograph von TÖNNIES, ein Zweifachschreiber, der auch eine vertikale Ableitung gestattet und so die Abgrenzung von Artefakten (Blinzeln, galvanische Hautreflexe) erleichtert.

Die Blickwinkleichung war konstant $5^{\circ} = 5 \text{ mm}$, Papierorschub 1 cm/sec . Einer Umdrehung des Stuhles entsprach also eine Nystagmogrammlänge von 6 cm .

Registriert wurde immer bei geschlossenen Augen im halbdunklen Raum.

- IV. Anschließend wurde der MATZKER-Test durchgeführt. Hierbei wurden nur die Töne 250, 500, 1000, 2000 Hz geprüft (Kurztöne mit 6-maliger Unterbrechung pro sec).
- Zu Beginn des Versuchs erklärte die Untersucherin dem Probanden, daß der Ton zuerst auf einer Seite vernommen würde und dann langsam zur "Mitte" hin wandere. "Mitte" bedeutet Scheitel-, Stirn- oder Hinterkopfmitte. Bei der Untersuchung wurde wie folgt vorgegangen:
- 1) Die Kopfhörer wurden genau passend aufgesetzt.
 - 2) Um einen Richtungseindruck aufgrund von differenten Tonschwellen beider Ohren zu vermeiden, wurde das Gerät mit den dB- und Balanceregler so einreguliert, daß der Proband bei Skaleneinstellung 0 Mitteneindruck angab (Eichung).
 - 3) Als Prüfreiz gaben wir nur drei Einzelimpulse des 6 mal pro sec. unterbrochenen Tones. Danach mußte eine Pause von 20 sec eingeschaltet werden, um Adaptationseffekte des Ohres zu verhüten. Wir begannen mit dem 250 Hz Ton, weil niedrige Frequenzen leichter zu lokalisieren sind als hohe. Die Untersuchung begann mit maximaler Verzögerung (Skalenpunkt 9) entweder von links oder von rechts her. Diese Verzögerung wurde immer mehr verringert, solange bis die Versuchsperson Mitteneindruck angab. Erst wenn sich der Proband zweimal bei der gleichen Skaleneinstellung für Mitteneindruck entschied, wurde dieser Wert eingetragen. Die gewonnenen Meßpunkte für Mitteneindruck wurden miteinander verbunden. Man erhält so die Mitteneindruckzone.

Versuchsergebnisse

=====

Serie I

A) 35 normalhörige Probanden. Prüfung mit 250, 500, 1000, 2000 Hz-Tönen, Links- und Rechtsdrehung. Die Probanden wurden zu Beginn des Versuches darauf hingewiesen, die Hörreize aufmerksam zu verfolgen.

a) subjektive Empfindungen:

Kreisbewegung durchgehend für alle Prüfreize	24
Pendel, Halbkreis	11
keine sichere Ortung	-

Die Mehrzahl der Probanden gab also eine Kreisbewegung der Prüfreize an. Die übrigen Versuchspersonen machten folgende Angaben: Pendelbewegung (9), meistens vor dem Kopf, oder Halbkreis (2), einmal vor dem Kopf, bei einer anderen Versuchsperson rechts seitlich vom Kopf (!).

b) Kurvenablauf im Nystagmogramm:

durchgehend synchron zur Umdrehungsgeschwindigkeit *)	25
systematische Voreilung	4 (um etwa 60°)
systematische Nacheilung	1 (um etwa 60°)
teilweise synchron	3
nicht synchron	2

*) Als umdrehungssynchron bezeichnen wir entsprechend den Untersuchungen von GANZ, FEND und HUTH ein Kurvenbild, bei dem einer Nystagmuslänge von 6 cm (= eine volle Umdrehung des Probanden) eine ganze sinusartige Augendeviation entspricht, bzw. in dem die Richtung zusätzlich nachweisbarer Nystagmusschläge in dieser Zeit zweimal umschlägt, und zwar jeweils auf der Kuppe der Augendeviation (Endstellung). Voreilung liegt dann vor, wenn die Endstellung der Bulbi mit Umschlagen der Nystagmusrichtung erreicht wird, bevor der Prüfreiz genau seitlich steht. Sinngemäßes gilt für die Nacheilung.

Wir bewerteten einen Kurvenablauf auch dann als reizsynchron, wenn eine entsprechende Reaktion erst ab dem 2. bzw. 3. Hörreiz der ersten Drehung eintrat (1 Versuchsperson) oder - wie bei zwei Kindern - erst bei der 2. Drehung, nachdem die Untersucherin nochmals ausführlich erklärt hatte, worauf die Kinder achten sollten. Ebenso zählten wir eine ENG-Kurve auch dann noch zur Gruppe der synchronen Abläufe, wenn die Kurve vom 1. bis zum 3. Hörreiz streng synchron verlief, dagegen der Ablauf der Augenbewegungen beim 4. Hörreiz (2000 Hz) aber nur noch teilweise synchron erfolgte (Ermüdung). Hierher gehören die Kurven von zwei nicht sehr aufmerksamen Kindern und von 7 Erwachsenen. Zwei von den letzteren zeigten in den Pausen starke Pendeldeviationen (Ermüdung). 5 Versuchspersonen waren über 50 Jahre alt, hatten also entsprechend schon ein schlechteres Lokalisationsvermögen für höhere Frequenzen (RÖSER).

Bei 3 Versuchspersonen, davon 1 Kind, erhielten wir nur einen teilweise synchronen Kurvenablauf, bei 2 weiteren Probanden liefen die Augenbewegungen völlig ohne Beziehung zu den Hörreizen ab (1 Kind und 1 Erwachsener mit starken Pendeldeviationen in den Pausen).

c) Vergleich von Audiokinetik und MATZKER-Test:

Uns kam es darauf an festzustellen, ob das Ergebnis der audiokinetischen Untersuchung und des Testes nach MATZKER prinzipiell übereinstimmte (Konvergenz) oder abweichend ausfiel (Divergenz), denn wir wollten ja die Brauchbarkeit unserer Methodik an einer anerkannten und zuverlässigen Technik messen.

Konvergenz hielten wir in folgenden Fällen für gegeben:

MATZKER-Test	AUDIOKINETIK
1. Angaben prompt und exakt, schmale Mitteneindruckszone	{ Subjektiv Kreis oder Pendel synchroner Kurvenablauf
2. Angaben zögernd, schmale Mitteneindruckszone	{ Subjektiv Kreis oder Pendel synchroner Kurvenablauf, { evtl. nach anfänglicher { Unsicherheit
3. Angaben zögernd, breite Mitteneindruckszone (ab 3--3)	{ Subjektiv unsicher oder keine Bewegung, starke Unsicher- heiten im Kurvenablauf, Vor- (oder Nacheilung über 60°, oder { überhaupt kein synchroner { Ablauf
4. Angaben prompt, breite Mitteneindruckszone	wie 3.
5. Mitteneindruckszone seitenverschoben	wie 3.

Divergenz mußte dagegen angenommen werden wenn:

- | | | |
|-----------|-------------|-----------|
| 1. bis 2. | entsprachen | 3. bis 4. |
| 3. bis 5. | entsprachen | 1. bis 2. |

In den Fällen mit Divergenz muß diskutiert werden, ob die Abweichung eine methodische Schwäche anzeigt oder durch besondere Verhältnisse bei der entsprechenden Versuchsperson zu erklären ist.

Im einzelnen ergab der Testvergleich Folgendes:

- a) synchroner Kurvenverlauf im ENG bei Beschallung, einschließlich der Fälle mit systematischer Voreilung oder Nacheilung bis zu 60°, subjektiv Kreis oder Pendelbewegung (30 Probanden):

Konvergenz mit MATZKER - Test : 25

Divergenz mit MATZKER : 5

Abb. II zeigt eine konvergente Reaktion.

- ß) nicht oder nur kurzzeitig synchroner Kurvenablauf im ENG während Beschallung, subjektiv nach anfänglicher Unsicherheit Kreis oder Pendelbewegung (5 Probanden):
- Konvergenz mit MATZKER-Test : 4 Fälle
Divergenz mit " : 1 Fall
(pathologische Audiokinetik bei schmaler Mitten-
eindruckzone).

Versuchsserie I
=====

B) 25 normalhörige Probanden, Hörreiz: Weißes Rauschen
kontinuierlich, Links- und Rechtsdrehung.

a) subjektive Phänomene:

Kreisbewegung	22
Halbkreis, Pendel	3
keine sichere Ortung	-

Der größte Teil der Probanden gab also eine Kreisbewegung durchgehend für beide Drehrichtungen an, entsprechend der guten Lokalisierbarkeit des Rauschens.

b) Kurvenverlauf im ENG:

durchgehend synchron	17
synchron, aber mit systematischer Voreilung bis 60°	3
teilweise synchron	5
nicht synchron	-

Von den 5 Probanden mit teilweise synchronem Kurvenverlauf waren 3 über 50 Jahre alt. Die beiden übrigen Versuchspersonen waren 14 und 16 Jahre alt. Beim 14-Jährigen verlief die Nystagmogrammkurve bei der Linksdrehung nur beim dritten Prüfreiz teilweise synchron, beim 1., 2., 4. aber vollsynchron. Bei der Rechtsdrehung erhielten wir nur beim 2. Prüfreiz einen synchronen, beim 1., 3., 4. dagegen nur einen teilweise synchronen Kurvenablauf.

Bei dem 16-jährigen Probanden war sowohl bei der Links- als auch bei der Rechtsdrehung die ENG-Kurve beim 1. Prüfreiz nicht synchron, beim 2. und 3. teilweise und erst beim 4. konnten wir einen streng synchronen Ablauf der Augenbewegungen zu den Prüfreizen erreichen. Der Proband begriff offensichtlich erst nach öfterem Anhören, was er zu tun hatte. Der Versuch ist also eigentlich nicht als pathologisch zu werten.

c) Vergleich der Ergebnisse von Audiokinetik-Test und MATZKER-Test:

- α) synchroner Kurvenverlauf im ENG, einschließlich der Fälle mit systematischer Voreilung bis zu 60° , subjektiv Kreis oder Pendelbewegung (20 Probanden).

Konvergenz mit MATZKER-Test: 19

Divergenz mit " : 1

Divergent war das Ergebnis nur bei einem Probanden von 64 Jahren. Seine Nystagmogrammkurve zeigte einen streng synchronen Ablauf der Augenbewegungen zu den Prüfreizen. Als subjektive Empfindung gab er eine Kreisbewegung an. Beim Test nach MATZKER kamen die Antworten nach anfänglicher Unsicherheit schnell. Das Mitteneindrucksband war aber im Durchschnitt um 4 Skalenpunkte sowohl nach rechts als auch nach links verbreitert (Abb. 3).

- β) Kurvenverlauf im ENG teilweise unsicher, subjektiv Kreis- oder Pendelbewegung, 5 Versuchspersonen

Konvergenz mit MATZKER-Test: 5

Divergenz mit " : -

In dieser Serie mit weißem Rauschen als Prüfreiz stimmte also von 25 Versuchspersonen nur eine einzige in ihrem audiokinetischen Ergebnis nicht mit dem des MATZKER-Testes überein.

Da die Meinungen in der Literatur über ein Nachlassen des Richtungsgehörs im Alter uneinheitlich sind (SZMEJA

u. GERWEL), haben wir unsere Ergebnisse von 3 Altersgruppen tabellarisch nebeneinander gestellt (TABELLE I). Dabei zeigte sich, daß in der Gruppe der über 60-Jährigen gegenüber den über 50-Jährigen - den Fehler der kleinen Zahl abgerechnet - keine Abweichungen im Sinne eines schlechteren Richtungsgehörs auftreten. Die Ergebnisse sind aber ungünstiger als bei den unter 50-Jährigen. Der MATZKER-Test ist in mehreren Fällen isoliert beeinträchtigt.

Serie II (hörgestörte Probanden)

=====

A) 5 Versuchspersonen mit einseitiger Hörstörung (ergänzend zu den Versuchen von HUTH), Prüfreize wie bei Serie IA: unterbrochene Sinustöne.

α) subjektive Phänomene

Kreisbewegung aller Töne	1
Pendelbewegung	1
Ortung der Töne	3
nicht möglich	

β) Kurvenabläufe im ENG

durchgehend synchron	1
teilweise synchron	2
nicht synchron	2

γ) Vergleich der Ergebnisse von
Audiokinetik und MATZKER

Konvergenz	5
Divergenz	-

Die Versuchsergebnisse stimmen also bei allen 5 Versuchspersonen im Prinzip überein.

Ein Proband, der bei der Links- und Rechtsdrehung durchgehend für alle Töne eine Kreisbewegung angab und entsprechend eine synchrone audiokinetische Reaktion bot, erreichte auch beim MATZKER-Test eine für sein Alter (73 Jahre) und seine asymmetrische Schwerhörigkeit erstaunlich schmale Mitteneindruckszone (Abb. 4).

Von den 4 weiteren Probanden mit nicht synchronem bzw. teilweise synchronem Kurvenverlauf war bei 3 Versuchspersonen, darunter eine Probandin mit einseitiger Taubheit, der MATZKER-Test überhaupt nicht durchführbar.

Die 4. Versuchsperson erreichte entsprechend dem nur teilweise synchronen Kurvenverlauf und der subjektiv empfundenen Pendelbewegungen eine verbreiterte Mitteneindruckszone.

Serie II
=====

B) Doppelseitig Schalleitungsschwerhörige (16 Versuchspersonen), Prüftöne wie bei Serie IA. Bei 12 Versuchspersonen nach den Audiometertönen noch zusätzlich Weißes Rauschen.

α) subjektive Phänomene

Kreisbewegung durchgehend für alle Prüfreize	7
Halbkreis oder Pendelbewegung	4
keine sichere Ortung	5

β) Kurvenabläufe im ENG

durchgehend synchron	5
teilweise synchron	6
nicht synchron	4
keine Reaktion	1

Serie II

=====

C) Doppelseitig Schallempfindungsgestörte, Prüfreize:
Audiometertöne und Weißes Rauschen wie bei Serie B),
4 Probanden.

α) subjektive Phänomene

Kreisbewegung durchgehend für alle Prüfreize	2
Halbkreis, Pendel	2
keine sichere Ortung	-

β) Kurvenverläufe im ENG

durchgehend synchron	3
teilweise synchron	1

Die Ergebnisse eines Vergleichs zwischen Prüfung der
Audiokinetik und MATZKER-Test bei den Schwerhörigen
Probanden zeigt Tabelle II.

Serie III

=====

4 Probanden mit normaler Tonschwelle beiderseits, aber
zentraler Störung des Richtungsgehörs. Prüfreize:
Audiometertöne und weißes Rauschen wie bei Serie II B).

α) subjektive Phänomene

Kreisbewegung durchgehend für alle Prüfreize	2
Pendel	1
keine sichere Ortung	1

β) Kurvenabläufe im ENG:

durchgehend synchron	1
teilweise synchron	1
nicht synchron	2

Eine Übersicht gibt Tabelle III.

TABELLE I

Vergleichende Gegenüberstellung der Versuchsergebnisse aus Serie I A) und I B) bei unter 50-Jährigen, 50 bis 60-Jährigen und über 60-Jährigen.

	unter 50	50 bis 60	über 60
Zahl der Probanden	42	9	9
a) <u>subjektive Phänomene</u>			
Kreisbewegung	33	5	8
Halbkreis, Pendel	9	4	1
keine sichere Ortung	-	-	-
b) <u>Kurvenabläufe im ENG</u>			
durchgehend synchron	37	6	7
teilweise synchron	3	3	2
nicht synchron	2	-	-
c) <u>MATZKER-Test</u>			
schmales Mitteeinein- drucksband	35	5	5
breites " "	7	4	4
d) <u>Vergleich: Audiokinetik</u> <u>MATZKER-Test</u>			
Konvergenz	39	7	7
Divergenz	3	2	2

Vergleich der Ergebnisse von Prüfung der Audiokinetik und MATZKER-Test bei doppelseitig hörgestörten Patienten (20 Fälle)

Alter	mittlerer Hörverlust	MATZKER-Test	Bewegungs-empfindung	Kurvenverlauf der Audiokinetik	Bem.
I) Schall-Leitungsstörungen					
<u>a.</u> Chronische Mittelohrreiterung					
19 J.	20 - 30 dB	4	Kreis	nicht synchron	konv.
27 J.	30 - 40 dB	1	Pendel	synchron	konv.
32 J.	asymmetrisch	3	Kreis	teilweise synchr.	konv.
41 J.	asymmetrisch	nicht möglich	keine	nicht synchron	konv.
43 J.	asymmetrisch	nicht möglich	unsicher	teilw.synchron	konv.
46 J.	60 - 80 dB	3	Pendel	teilw.synchron	konv.
48 J.	um 50 dB	1	Kreis	synchron	konv.
59 J.	asymmetrisch	4	keine	keine Reaktion	konv.
<u>b.</u> Ohrmißbildungen mit Schall-Leitungsstörung					
12 J.	um 50 dB	nicht möglich	keine	nicht synchron	konv.
15 J.	60 - 70 dB	nicht möglich	keine	nicht dynchron	konv.
<u>c.</u> Otosklerosen mit Stapesfixation (operativ verifiziert)					
21 J.	40 - 50 dB	4	Kreis	teilw.synchron	konv.
27 J.	* um 30 dB	3	Pendel	synchron	div.
36 J.	40 - 50 dB	nicht möglich	Kreis	teilw.synchron	Grenzfall
39 J.	30 - 40 dB	1	Kreis	synchron	konv.
56 J.	* 40 - 60 dB	3	Pendel	teilw.synchron	div.
64 J.	40 - 60 dB	2 - 4	Kreis	teilw.synchron	kon.
II) Innenohrschwerhörigkeiten					
17 J.	40 - 60 dB	3	Kreis	teilw.synchron	konv.
58 J.	20 - 50 dB	1	Pendel	synchron	konv.
63 J.	asymmetrisch	4 (teils 1)	Kreis	teilw.synchron	konv.
69 J.	asymmetrisch	1	Pendel	synchron	konv.

* Mutter und Tochter.

T A B E L L E III

Vergleich der Ergebnisse von Prüfung der Audiokinetik und MATZKER-Test bei Patienten mit normalem Tongehör, jedoch vermuteter zentraler Störung.

Alter Geschlecht	Grundkrankheit	MATZKER-Test	Bewegungs- empfindung	Audiokinetik	Bemerkung
14 J. ♂	neurolo- gisch o.B.	nicht mög- lich, hört immer auf beiden Sei- ten gleich laut	Kreis	nicht synchron	Konvergenz
41 J. ♀	Embolie A. cerebri media links Erholungs- stadium	3	keine	nicht synchron	Konvergenz
43 J. ♀	Apoplektischer Insult links mit totaler Aphasie, weit- gehend erholt	4	Kreis	nicht synchron	Konvergenz
44 J. ♀	z.B. Encephalitis	4	Pendel	teilweise synchron	Konvergenz

Diskussion der Versuchsergebnisse

Die vorliegenden Untersuchungen sollen zeigen, ob die von DODGE 1923 erstmals beschriebenen, durch rotierende Hörreize auslösbaren Augenbewegungen (audiokinetischer Nystagmus nach HENNEBERT) zur orientierenden Prüfung des Richtungsgehörs geeignet sind.

Aus Versuchen von GANZ, FEND und HUTH hatte sich ja Folgendes ergeben:

Wenn sich der Proband bemüht, einen gleichmäßig rotierenden Hörreiz ($v = 60^\circ/\text{sec.}$) bei geschlossenen Lidern mit den Augen zu verfolgen, so lassen sich mit großer Regelmäßigkeit zwei Typen von assoziierten Augenbewegungen nystagmographisch ableiten:

- a) große horizontale Deviationen der Bulbi und
- b) ein periodisch die Richtung wechselnder Rucknystagmus.

Diese Augenbewegungen folgen dem Hörreiz (unterbrochener Sinuston unterhalb von 2000 Hz oder kontinuierliches weißes Rauschen) offensichtlich dann recht exakt, wenn das binaurale Richtungsgehör intakt ist. Bei einer Störung dieses Richtungsgehörs z.B. infolge einseitiger Ertaubung ist hingegen - entsprechend der erschwerten Lokalisierbarkeit des Prüfreizes - der exakte, gleichförmige und umdrehungssynchrone Kurvenablauf im ENG mehr oder weniger gestört.

Die so objektiv faßbaren Störungen der Augen-Folgebewegung haben sich als zuverlässigeres Kriterium erwiesen, als es die subjektive Bewegungsempfindung darstellt. So erkannten mehrere der Probanden mit sicher gestörtem Richtungsgehör die Kreisbewegung des Prüfreizes noch als solche oder machten die fast gleichwertige Angabe des Pendeleindrucks. Die Störung der Schall-Lokalisierbarkeit manifestierte sich in diesen Fällen ausschließlich im Ablauf der Audiokinetik.

Es kam uns jetzt darauf an, die Zuverlässigkeit unseres Vorgehens für Richtungsgehörsbestimmungen an einer anerkannten und exakten Prüfmethode vergleichend zu messen, wie sie der von MATZKER und WELKER 1959 angegebene Test (Mediophon-Test) darstellt.

Bei einer vergleichenden Wertung beider Teste muß berücksichtigt werden, daß der Mediophon-Test von unserem Vorgehen prinzipiell stark abweicht, da

1. nur ein Teilfaktor des Richtungshörens ausgenutzt wird, nämlich die Zeitdifferenzregistrierung zwischen beiden Ohren,
2. die Laufzeitdifferenzen nicht im freien Schallfeld gemessen, sondern durch eine elektrische Verzögerungskette erzeugt und über Kopfhörer zugeführt werden,
3. die Echoeffekte des Untersuchungsraumes entsprechend keine Rolle spielen,
4. in gewissen Grenzen eine topische Diagnostik von Richtungsgehörsstörungen möglich erscheint (MATZKER 1961).

Unser Vorgehen ist dagegen ein recht summarisches Verfahren, das sich zur Feindiagnostik sicher nicht eignet, doch hat es den Vorteil, daß es

- a) im Rahmen des bei entsprechenden Krankheitsfällen ohnehin durchzuführenden klinischen Elektronystagogramms ohne wesentlichen zeitlichen und apparativen Mehraufwand mit eingesetzt werden kann, und
- b) eine Freifeldmethode ist. PREIBISCH-EFFENBERGER ist ja auf Grund seiner Versuche der Ansicht, daß die Freifeldmethoden der Prüfung mit der elektroakustischen Verzögerungskette im Prinzip überlegen sind.

Eine wesentliche Schwäche unserer Methode liegt schließlich darin, daß wir nur gleichförmig rotierende Hörreize zuführen können, denn eine Änderung der Umdrehungsge-

schwindigkeit (des Probanden !) würde ja einen unerwünschten vestibulären Reiz und damit störende Interferenzerscheinungen bedingen.- Beim Vergleich der beiden Prüfmethode n mußten wir naturgemäß vom Normalbefund ausgehen.

In einer ersten Versuchsserie hatten wir 35 normalhörige Probanden mit unterbrochenen Sinustönen von 250, 500, 1000 und 2000 Hz beschallt, in einer zweiten Serie 25 ebenfalls Normalhörige mit kontinuierlichem weißem Rauschen. Ein prinzipielles Übereinstimmen des Ergebnisses von Audiokinetik-Test und MATZKER-Test ergab sich bei 53 der insgesamt 60 Versuchspersonen. In der Gruppe der mit Sinustönen Beschallten war die Übereinstimmungsquote mit 29 : 6 etwas schlechter als beim white noise (24 : 1). Diese Erscheinung ist nicht etwa mit der schlechteren Lokalisierbarkeit von Sinustönen (CHRISTIAN u. RÖSER, KIETZ, MATZKER) zu erklären, denn es handelte sich bei den divergierenden Befunden mit einer einzigen Ausnahme um eine verbreiterte Mitteneindruckszone beim MATZKER-Test bei normal ablaufender Audiokinetik. In keinem dieser Fälle bestand sonst irgendein Hinweis auf eine Störung des Richtungsgehörs.

Bei dem einzigen Versuch mit gestörtem Ablauf der Audiokinetik, aber schmaler Mitteneindruckszone im MATZKER-Test handelte es sich um ein 18-jähriges Mädchen, das während des Elektronystagmogramms stark ermüdet war (Pendeldeviationen in den Reizpausen und nach Abschluß der Untersuchung, Abb. 1). Der am folgenden Tag im Zustand körperlicher und geistiger Frische angestellte Mediophontest war ganz normal. Man sollte derartige Nystagmogramme, die eindeutig Ermüdungserscheinungen erkennen lassen, grundsätzlich wiederholen. Jedenfalls ist die in die Statistik eingehende Divergenz im Ergebnis beider Tests in diesem

Fälle sicher nicht der Versuchsanordnung der Audiokinetik als solcher zur Last zu legen.

Da wir aus dem oben genannten Grund die Umdrehungsgeschwindigkeit nicht variieren konnten, war denkbar, daß sich der Proband im Laufe des Tests an die gleichmäßige Rotation des Prüfreizes hätte gewöhnen und deshalb trotz gestörten Richtungsgehörs eine synchron ablaufende Audiokinetik hätte produzieren können. Auf diese Weise könnte man die Diskrepanz zwischen Mediophon-Test und Audiokinetik-Test zu Lasten des Letzteren erklären. Die nochmalige Durchsicht unserer Kurven zeigte jedoch, daß die entsprechenden Probanden von Anfang an einen exakten Kurvenablauf geboten hatten. Somit fällt diese Erklärungsmöglichkeit aus.

Bei unseren Untersuchungen ergab sich am Rande, daß eine Einbuße an Qualität des Richtungsgehörs im höheren Alter zwar des öfteren eintritt, jedoch nicht gesetzmäßig ist (siehe auch HAHNBROCK u. SCHMIDT, SZMEJA u. GERWEL).

Eine solche Einbuße manifestierte sich häufiger im MATZKER-Test als bei der Audiokinetik (TABELLE I). Vier unserer oben angegebenen 7 divergenten Befunde entfielen auf Probanden im Alter von über 50 Jahren. Es ist nicht ganz auszuschließen, daß diese älteren Leute dem komplizierten Untersuchungsgang mit dem Mediophon nicht so gut gewachsen waren wie der einfacheren Aufgabe, rotierende Töne oder Geräusche zu verfolgen. Auf der anderen Seite bekamen wir bei Schulkindern die promptesten und exaktesten Angaben aller MATZKER-Tests überhaupt, während hier die Audiokinetik - als Folge mangelnden Interesses oder eines Mißverständnisses - anfangs gelegentlich irregulär erschien.

Zusammenfassend läßt sich über die Versuche mit Normalhörigen sagen, daß die Ergebnisse von Audiokinetik-Test

und MATZKER-Test im Prinzip erfreulich gut übereinstimmen, abgesehen von einigen Versuchen mit älteren Leuten. Es ist auf Grund unserer Befunde nicht zu entscheiden, ob die divergenten Ergebnisse Folge einer geringeren Empfindlichkeit unserer Methode sind, oder ob die Probanden durch den Mediophon-Test überfordert waren, ohne tatsächliche Einbuße an Richtungsempfindung.

Bei der vergleichenden Untersuchung Schwerhöriger mußten wir uns auf solche Patienten beschränken, bei denen die Schwellenwerte beider Seiten nicht so stark verschieden waren, daß sich der Mediophon-Test schon aus prinzipiellen Gründen nicht mehr durchführen ließ.

Hochgradige einseitige Hörstörungen waren also auszuklammern. Wir haben lediglich noch 5 derartige Versuche angestellt, um die zahlenmäßig kleine entsprechende Reihe von GANZ und HUTH aufzufüllen. Erwartungsgemäß war dreimal der Mediophon-Test nicht möglich, einmal die Mitteleindruckszone verbreitert. Die entsprechenden Audiokinetik-Kurven erschienen ebenfalls deutlich gestört.

Der schlechte Ausfall beider Tests bei Patienten mit schon länger bestehender einseitiger Hörstörung zeigt, daß der von CHRISTIAN und RÖSER angenommene Trainingsfaktor Zeit für die Ortung von Sinustönen nicht gilt. Nach LEHNHARDT ist der einseitig Taube ja nicht in der Lage, die Richtung eines Sinustones exakt anzugeben, da hierfür eine Zeitdifferenz zwischen beiden Ohren notwendig wäre. Geräusche oder gar Sprache können dagegen auf Grund des positionsbedingten Klangfarbenwechsels besser geortet werden.

Weniger Aussagekraft haben in diesem Zusammenhang die Mitteilungen von BOCHENEK u. MITKIEWICZ-BOCHENEK, die bei 93 einseitig Ertaubten noch nach Jahren durchweg ein

gestörtes Richtungsgehör fanden, sowie DAHL, der eine Kompensation des Richtungshörens 3-4 Jahre nach einseitigem Hörsturz bei 18 von 39 Patienten feststellen konnte, da diese Autoren leider nicht angegeben haben, welche Art von Prüfreizen verwendet wurde.

Bei einem Falle hochgradiger linksseitiger Innenohrschwerhörigkeit und leichter Höreinbuße auch rechts, noch dazu bei einem 73-jährigen Mann, konnten wir übereinstimmend mit beiden Methoden trotz allem ein brauchbares Richtungsgehör für unterbrochene Sinustöne finden, bei geringgradiger Verschiebung der schmalen Mitteneindruckszone zum schlechteren Ohr (Abb. 4). Ein ähnlich gutes monaurales Richtungsgehör hat HUTH in der Vorserie nur einmal festgestellt, und zwar bei einem normalhörigen 28-jährigen Mann, dessen eines Ohr maximal abgedeckt worden war. - Es handelt sich hier offensichtlich um seltene Fälle, während sonst der Satz von CHRISTIAN und RÖSER, daß das Richtungshören mit beiden Ohren unvergleichlich viel besser ist als mit einem Ohr allein, auch auf Grund unserer Versuche unterstrichen werden muß.

Die Hauptserie unserer Versuche mit Schwerhörigen umfaßte Patienten mit doppelseitiger, weitgehend symmetrischer Höreinbuße. Da nach HIRUKAWA sowie RÖSER die symmetrische Schallempfindungsstörung ein deutlich besseres Richtungsgehör erwarten läßt als die beidseitige Schallleitungsschwerhörigkeit, mußte entsprechend untergruppiert werden.

Wie Tabelle II zeigt, stimmten die Ergebnisse von Audiokinetik-Test und MATZKER-Test auch hier prinzipiell fast immer überein. Diskrepanzen kamen ausschließlich bei Otosklerosepatienten vor. Der Mediophontest war hierbei grundsätzlich stärker gestört als der Ablauf der Audiokinetik (Abb. 5).

Bemerkenswert erscheint, daß die beiden divergierenden Befunde bei Otosklerosen von Mutter und Tochter stammten.

Unsere Befunde dieser Serie bestätigen im übrigen die Angabe von RÖSER, daß das Richtungsgehör desto schlechter wird, je asymmetrischer die Hörstörung ist. Nur in einem einzigen Falle von starker Seitenasymmetrie der Höreinbuße fielen beide Tests normal aus. Es handelte sich um eine Schallwahrnehmungsstörung.

Erwartungsgemäß fanden wir weiterhin ein völliges Fehlen der Richtungsempfindung, auch in der subjektiven Angabe, bei zwei Schulkindern mit doppelseitiger Ohrmißbildung und so hochgradiger Schall-Leitungsstörung, daß die Ausbildung eines Richtungsgehörs a priori unmöglich war (Abb. 7).

Der Erwartung entsprach auch das schlechte Richtungsgehör bei einem Kollegen mit chronisch-mesotympanaler Mittelohrreiterung beiderseits trotz Hörhilfe, denn einseitige Hörgerätversorgung schafft natürlich keine Richtungsempfindung (Abb. 6).

In allen diesen Fällen ergab sich eine gute prinzipielle Übereinstimmung im Ergebnis von MATZKER-Test und Audio-kinetiktest.

Am interessantesten für Richtungsgehörsuntersuchungen sind natürlich Patienten mit entsprechender zentraler Störung bei normaler Ohrfunktion. In diesen Fällen ergibt sich im Prinzip die Möglichkeit einer topischen Diagnostik zentraler Läsionen, kennen wir doch die Hörbahn recht gut und mit den Nuclei accessorii der Olive auch die Umschaltstelle für Richtungseindrücke (KEIDEL).

Nach Untersuchungen von MASTERTON, JANE und DIAMOND an der Katze wird die Verwertung binauraler Laufzeitdifferenzen auch bei Zerstörung des Trapezkörpers unmöglich.

Neben der (oberen) Olive, die die interauralen Zeitunterschiede integriert, spielt auch die Hörrinde eine wichtige Rolle, stellt sie doch die endgültige Bewußtseinsbeziehung zwischen Höreindruck und Raum her.

Richtungsgehörstörungen sind also nicht nur bei Läsionen im Hirnstamm zu erwarten, sondern auch bei Großhirnschäden.

KAIDANOVA, MEERSON und TONHONOGII haben entsprechend bei herdförmigen Großhirnläsionen besonders im Temporoparietalbereich in der Mehrzahl der Fälle eine Störung des Richtungsgehörs gefunden, und zwar im Sinne einer Verschiebung (der Mitteneindruckszone) zur Herdseite.

Unsere entsprechende Patientengruppe ist naturgemäß recht klein. Sie umfaßt bisher nur 4 Personen (TABELLE III).

Besonders eindrucksvoll war der Fall einer 41-jährigen Frau mit Embolie der A- cerebri media links, Hemiplegie rechts und zunächst sensorischer und amnestischer Aphasie. Die Großhirnläsion ließ sich auch im ENG an der gestörten Optokinetik erkennen (Abb. 8). Wir untersuchten die Patientin im Erholungsstadium, nach teilweisem Rückgang von Hemiparese und Aphasie. Beide Richtungsgehortests zeigten übereinstimmend eine Störung, die Audiokinetik ausgeprägter als der Mediophon-Test.

Bei einem ganz entsprechenden Fall (43-jährige Frau) mit schon weiter fortgeschrittener Erholung erhielten wir genau das gleiche Ergebnis. Die nach den Versuchen von KAIDANOVA und Mitarbeitern sowie RÖSER zu erwartende Verlagerung des Richtungsbandes zur Herdseite war allerdings in beiden Fällen nicht zu finden.

Prinzipielle Übereinstimmung von Mediophon-Test und Kurvenablauf der Audiokinetik ergab sich auch bei den beiden übrigen Patienten. Allerdings ließ sich bei einem 14-jährigen Jungen für die mit beiden Tests übereinstimmend gefundene erhebliche Richtungsgehörstörung keine neurologisch faßbare Ursache finden.

Fassen wir unsere Ergebnisse zusammen, so lassen die bisherigen, noch nicht sehr zahlreichen Versuche eine grundsätzliche Eignung des Audiokinetik-Tests für orientierende Richtungsgehöruntersuchungen erkennen.

Zusammenfassung

=====

An 60 normalhörenden Probanden,

5 einseitig Hörgestörten,

20 doppelseitig Schwerhörigen und

4 Normalhörenden mit zentraler Störung des Richtungsgehörs wurden vergleichende Untersuchungen des Richtungs Hörvermögens durchgeführt, und zwar mit dem Test nach MATZKER und WELKER einerseits sowie dem von uns entwickelten sogenannten Audiokinetik-Test andererseits. Letzterer besteht aus einer Analyse des Ablaufes von Folgebewegungen der (geschlossenen) Augen bei rotierendem Hörreiz.

Bei den normalhörenden Probanden ergab sich fast immer prinzipielle Übereinstimmung im Ausfall beider Tests (normal: normal bzw. pathologisch : pathologisch). Divergenzen kamen fast nur bei älteren Leuten vor. Die Gründe hierfür werden diskutiert.

Unter den schwerhörigen Probanden ergab sich nur bei zwei Otosklerosen (Mutter und Tochter !) ein abweichendes Ergebnis beider Tests.

Wenn deutliche Differenzen auftraten, so immer im Sinne einer stärkeren Störung des MATZKER-Tests.

Bei allen vier Versuchspersonen mit zentral-organischer Störung des Richtungsgehörs bei intaktem peripherem Hören ergab sich eine grundsätzliche Übereinstimmung im Ergebnis beider Tests.

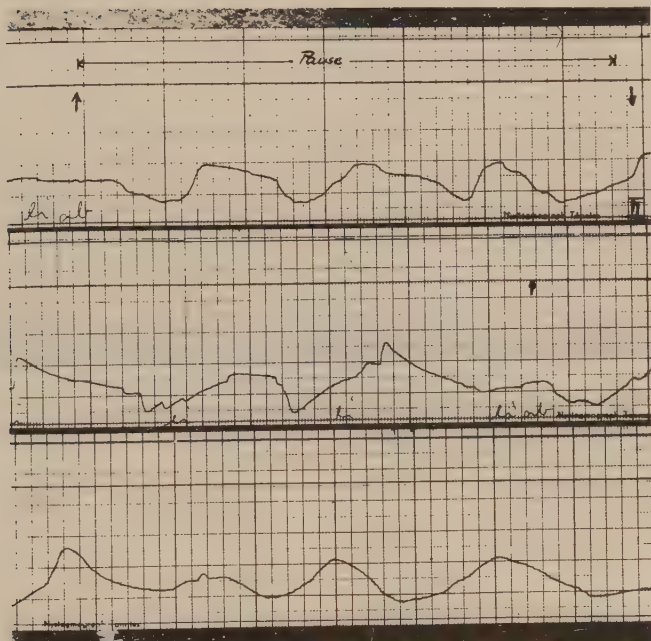
Die Auswertung unserer Versuche läßt den Schluß zu, daß der sogenannte Audiokinetik-Test für eine orientierende Prüfung des Richtungsgehörs im Rahmen der elektronystagographischen Untersuchung prinzipiell geeignet ist. Die Methodik erlaubt allerdings keine topische Diagnostik einer zentralen Störung.

1

A B B I L D U N G E N

ABBILDUNG I : Anscheinend divergierender Befund von Audio-
 kinetik-Test und MATZKER-Test bei normalhörigem
 18 j. Mädchen.

Im ENG deuten Pendeldeviationen in den Reizpausen
und nach Abschluß der Beschallung (unterbrochene
Sinustöne) auf starke Ermüdung hin. Deshalb auch
keine exakten Folgebewegungen.
Der am folgenden Tag durchgeführte MATZKER-Test
ergab ein völlig normales Richtungsgehör.



Richtungsgehör

(Laufzeitdifferenz bei 1 0.036 msec, bei 9 0.648 msec)

Rechts-
Eindruck

Mitte

Links-
Eindruck

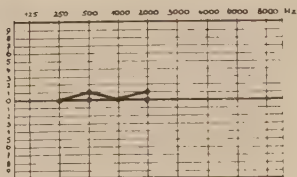
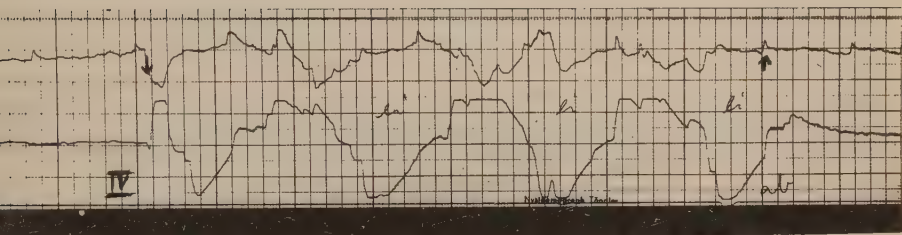
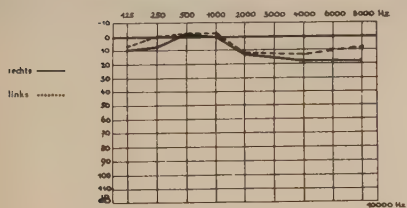


ABBILDUNG II: Übereinstimmung im Ergebnis beider Tests,
bei 27 j. normalhöriger Frau.

Im ENG exakte Folgebewegungen auf white noise.
Idealbefund beim Mediophon-Test.



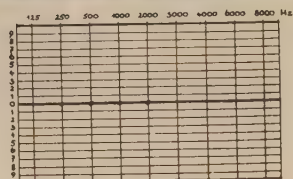
Schwellenaudiogramm (Luftleitung)



Rechts-
Eindruck

Mitte

Links-
Eindruck



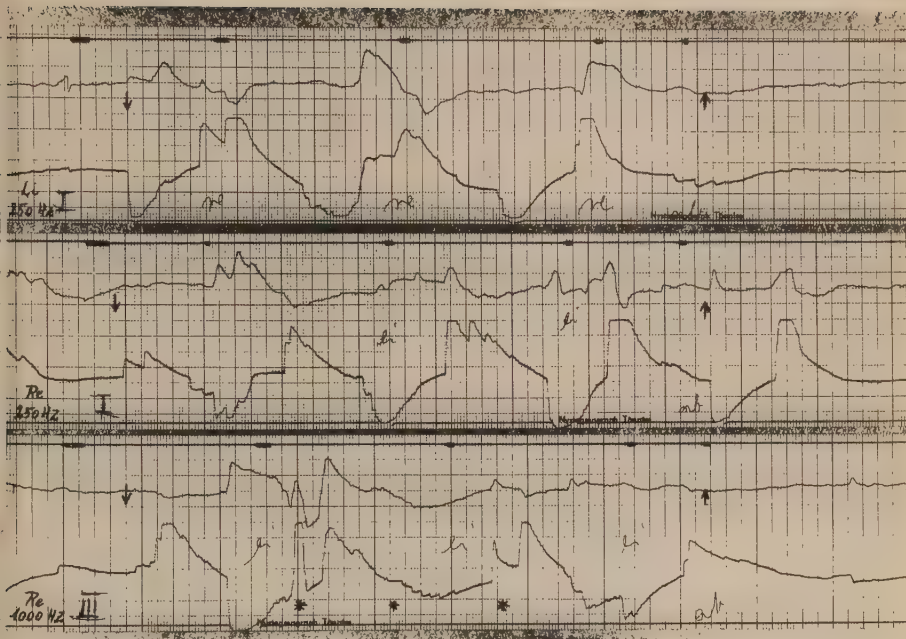
Richtungsgehör

(Laufzeitdifferenz bei $\lambda = 0,086$ m, bei $\lambda = 0,648$ m)

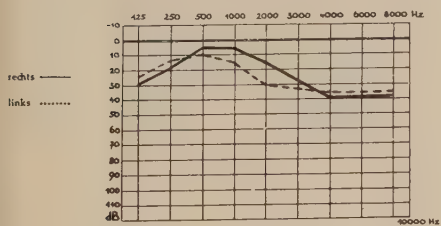
ABBILDUNG III: Befunddiskrepanz zwischen Audiokinetik und MATZKER-Test bei 64 j. normalhörigem Mann.

Im ENG exakte Folgebewegungen bis auf kleine Unsicherheiten während 1000 Hz-Ton bei Rechtsdrehung.

Beim Mediophon-Test Verbreiterung des Richtungsbandes ohne systematische Seitenverlagerung.



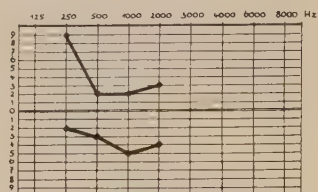
Schwellenaudiogramm (Luftleitung)



Rechts-
Eindruck

Mitte

Links-
Eindruck

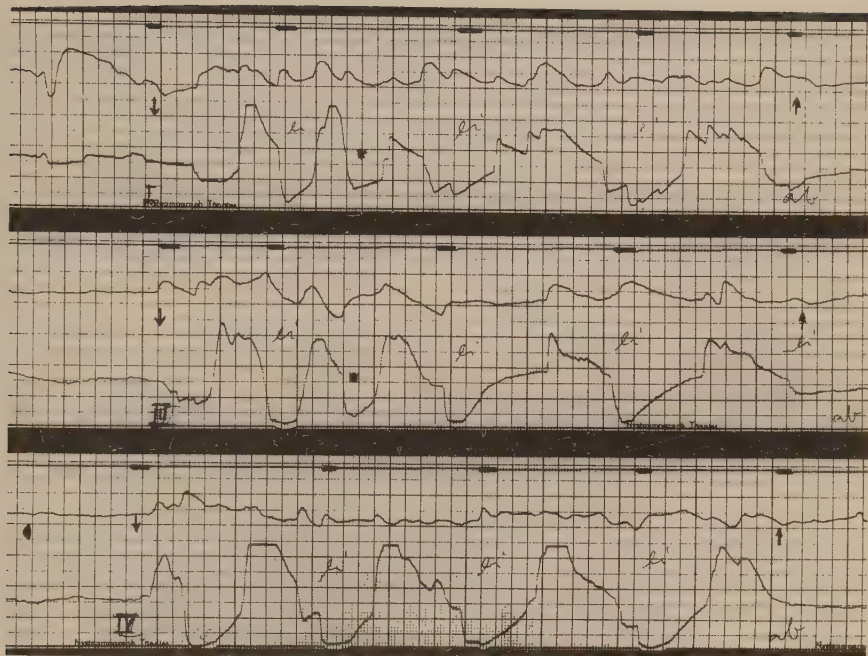


Richtungsgehör

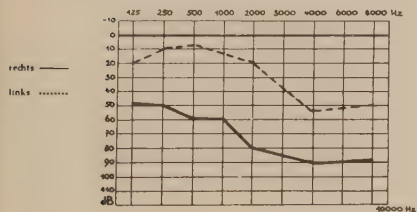
(Laufzeitdifferenz bei 1 = 0,036 msec, bei 9 = 0,648 msec)

ABBILDUNG IV: Noch brauchbares Richtungsgehör bei 73 j. Mann mit seitendifferenter Hörstörung.

Im ENG zeitweise Unsicherheit im Verfolgen des 250 und 1000 Hz-Tons. Beim MATZKER-Test Mitteneindruckszone nicht verbreitert, angedeutete Verschiebung zum schlechteren Ohr hin.



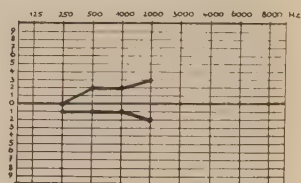
Schwellenaudiogramm (Luftleitung)



Rechts-
Eindruck

Mitte

Links-
Eindruck

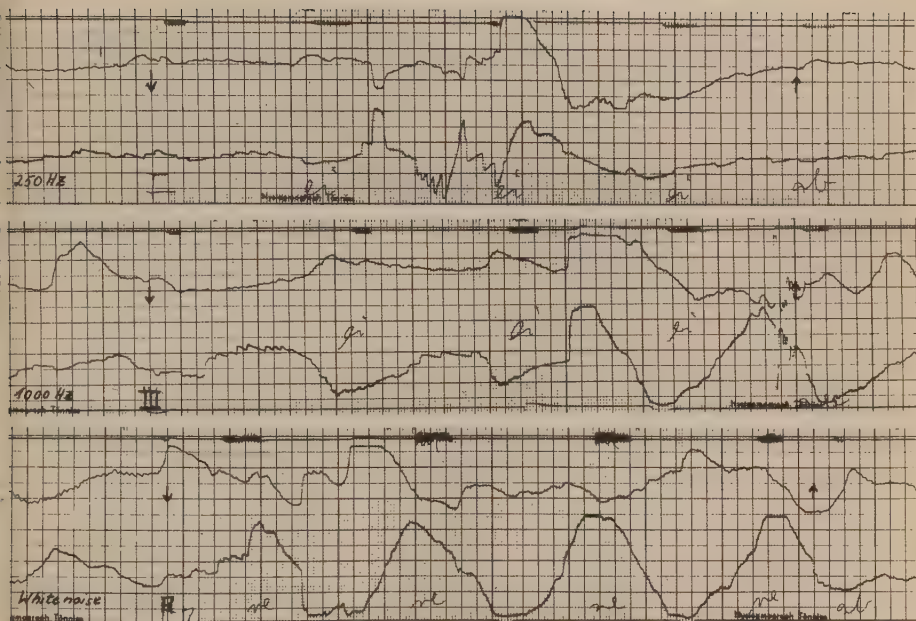


Richtungsgehör

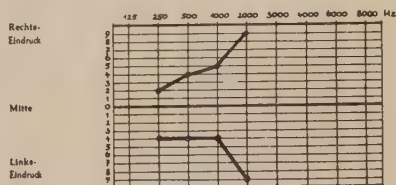
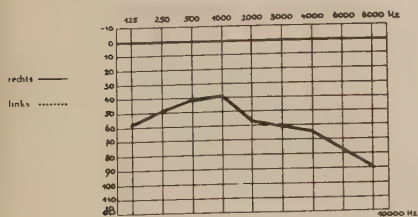
(Laufzeitdifferenz bei 1 = 0,036 msec, bei 9 = 0,648 msec)

ABBILDUNG V : Störung des Richtungsgehörs bei otosklerotisch bedingter symmetrischer hochgradiger Schalleitungsstörung beiderseits. 56 j. Frau.

Im ENG starke Unsicherheit beim Verfolgen des 250 Hz-Tons, besseres Ergebnis bei 1000 Hz, ungestörte Folgereaktion auf white noise. Störung beim MATZKER-Test wesentlich stärker ausgeprägt : zunehmende Verbreiterung der Mitteneindruckszone zu den höheren Frequenzen hin. Im ganzen doch divergierender Befund der beiden Tests.



Schwellenaudiogramm (Luftleitung)

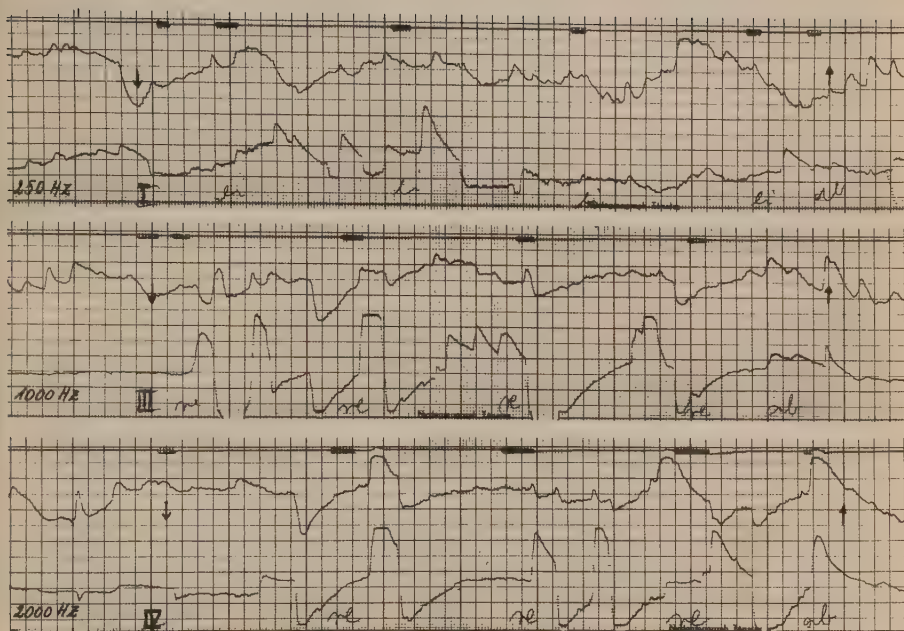


Richtungsgehör

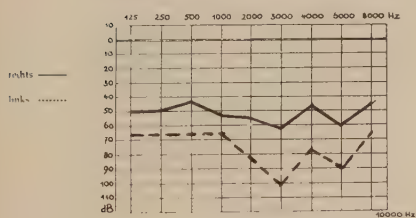
(Laufzeitdifferenz bei $t = 0,086$ msec. bei $\rho = 0,648$ msec)

ABBILDUNG VI : Praktisch völlig fehlende Richtungsempfindung bei 32 j. HNO-Arzt mit hochgradiger Schalleitungsstörung beiderseits infolge chronischer Mittelohreiterung. Proband trägt links Hörgerät.

Audiokinetik völlig irregulär. Beim Mediophon-Test maximal verbreiterte Mitteneindruckszone.



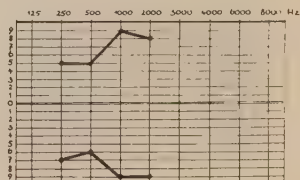
Schwellenaudiogramm (Luftleitung)



Rechts.
Eindruck

Mitte

Links.
Eindruck



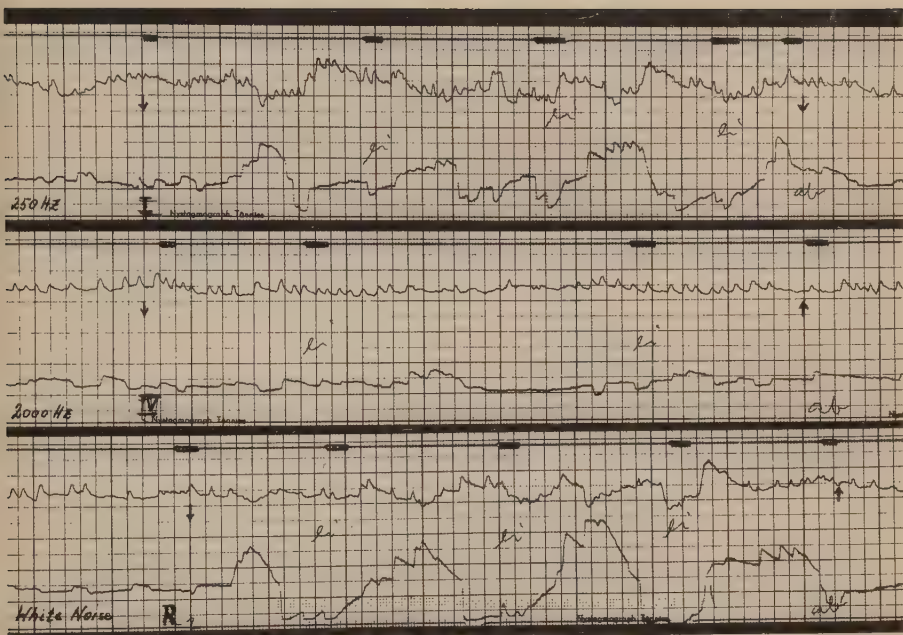
Richtungsgehör

(Laufzeitdifferenz bei 1 - 0,036 msec. bei 9 - 0,048 msec)

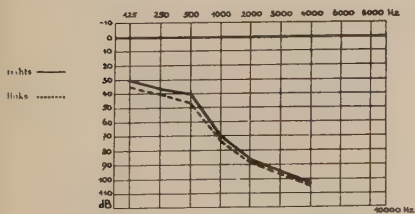
ABBILDUNG VII: Störung des Richtungsgehörs bei 17 j- Jungen mit praktisch symmetrischer hochgradiger Schallwahrnehmungsschwerhörigkeit vom cochleobasalen Kurventyp beiderseits.

Audiokinetik bei Prüfung mit Tönen eindrucksvoll gestört, dagegen auf weißes Rauschen normale Folgebewegungen. Vermutlich hierbei Ausnutzung sehr tiefer Frequenzen für den Richtungseindruck.

Mediophon-Test zeigt deutliche Verbreiterung der Mitteneindruckszone, jedoch außerdem deutliche Verschiebung derselben zum kaum besseren rechten Ohr hin.



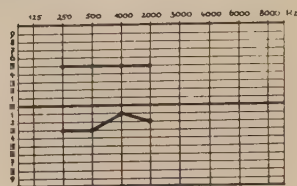
Schwellenaudiogramm (Luftleitung)



Rechts-
Eindruck

Mitte

Links-
Eindruck

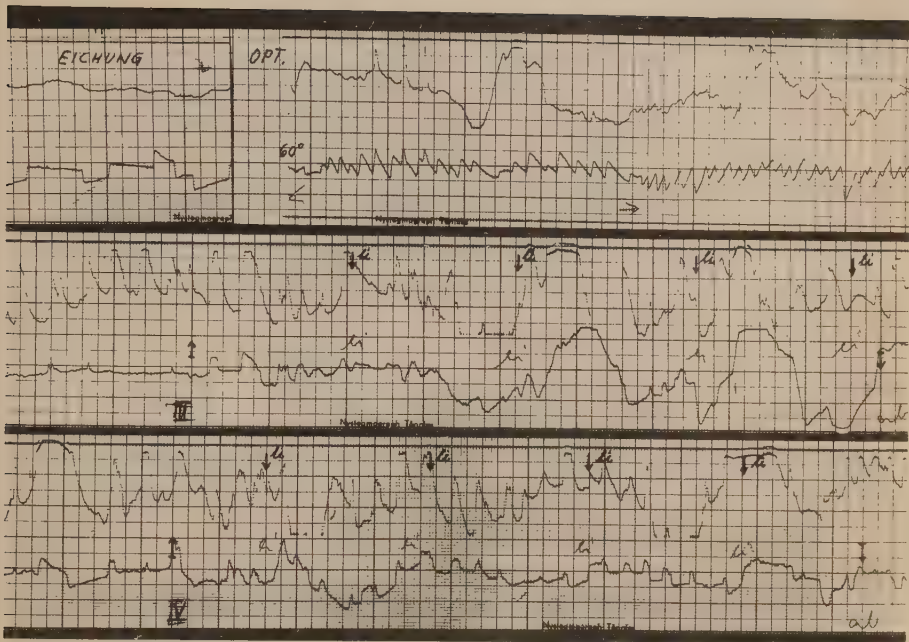


Richtungsgehör

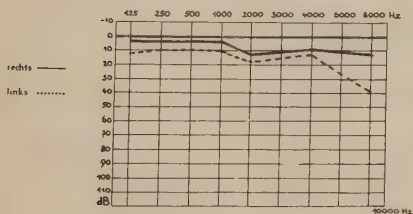
(Laufzeitdifferenz bei 1 = 0,048 msec, bei 9 = 0,448 msec)

ABBILDUNG VIII: Zentrale Störung des Richtungsgehörs durch Ausfall der Hörrinde links infolge Embolie der A. cerebri media. 41 j. Frau. Klinisch rechtsseitige Hemiparese und abklingende sensorische und amnestische Aphasie. Normale Tonhörschwelle beiderseits.

Im ENG Optokinetik horizontal nach rechts verlangsamt. Ablauf der Audiokinetik sehr stark gestört. Beim 2000 Hz-Ton praktisch keine Folgebewegungen mehr. Keine subjektive Bewegungsempfindung der Prüftöne ! Beim Test nach MATZKER mäßige gleichförmige Verbreiterung der Mitteneindruckszone, jedoch keine Verlagerung derselben zur Herdseite (eher zur Gegenseite).



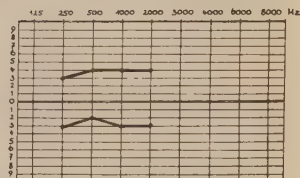
Schwellenaudiogramm (Luftleitung)



Rechts-
Eindruck

Mitte

Links-
Eindruck



Richtungsgehör

(Laufzeitdifferenz bei 1 = 0,036 msec, bei 9 = 0,648 msec)

Literatur:

=====

- ADAMS, A.: Elektronystagmographische Untersuchungen über die optisch-vestibuläre Integration von Bewegung und Wahrnehmung. Pflügers Arch. ges. Physiol. 269, 344 (1959)
- BOCHENEK, Z. a. W. MITKIEWICZ-BOCHENEK: Hearing in the remaining ear in cases of unilateral total deafness. Int. Audiol. 2, 169 (1963)
- CHRISTIAN, W. u. D. RÖSER: Ein Beitrag zum Richtungshören. Z. Laryng. Rhinol. 36, 431 (1957)
- DAHL, D.: Kompensation des Richtungshörens beim akuten Hörverlust. HNO (Berl.) 11, 271 (1963)
- DODGE, R.: Adequacy of reflex compensatory eye-movements including the effects of neural rivalry and competition. J. exper. Psychol. 6, 169 (1923)
- FEND, J.: Über audiokinetische Augenbewegungen. Inaug. Diss. Marburg/Lahn 1968
- GANZ, H.: Unveröffentlichte Versuche 1962
- HAHLBROCK, H. u. H. SCHMIDT: Binauraler Hörsynthesetest und Prüfung des Richtungsgehörs bei zentralen Hörstörungen. Int. Audiol. 5. Congr. 1960, S. 131
- HENNEBERT, P.E.: Nystagmus audiocinétique. Acta oto-laryng. (Stockh.) 51, 412 (1960)
- HIRUKAWA, T.: A study of directional sensation for sound. Oto-rhino-laryng.Clin. (Kyoto) 52, (1959)
- v.HORNBOSTEL, E.M.: Das räumliche Hören. Handb. norm. path. Physiol. hersg.v.BETHE/v.BERGMAN/EMBDEN/ELLINGER XI, Receptionsorgane I, S. 602. J. Springer, Berlin 1926
- HUTH, F.W.: Versuche über audiokinetische Augenbewegungen bei Normalhörigen und bei einseitiger Hörstörung. Inaug. Diss. Marburg/Lahn 1968

- K Aidanova, I, A. MEERSON a. J.M. TONHONOGII: Disturbance of sound localisation in space in focal lesions of the brain.
Vestn. oto-rhino-laring. (Mosk.) 27, 39 (1965)
- KEIDEL, W.D.: Anatomie und Elektrophysiologie der zentralen akustischen Bahnen.
Hals-Nasen-Ohrenheilk., herseg.v.BERENDES/
LINK/ZÖLLNER III, Teil 3, S. 2013.
Gg. Thieme, Stuttgart 1966
- LEHNHARDT, E.: Über das Richtungshören des Menschen.
HNO (Berl.) 8, 353 (1959/60)
- MASTERTON, B., J.A. JANE a. I.T. DIAMOND: Role of brain-system auditory structures in sound localisation I. Trapezoid body, superior olive and lateral lemniscus.
J. Neurophysiol. 30, 341 (1967)
- MATZKER, J.u. E. SPRINGBORN: Richtungshören und Lebensalter.
Z. Laryng. Rhinol. 37, 739 (1958)
- MATZKER, J. u. H. WELKER: Die Prüfung des Richtungsgehörs zum Nachweis und zur topischen Diagnostik von Hirnerkrankungen.
Z. Laryng. Rhinol. 38, 277 (1959)
- MATZKER, J.: Le valeur de l'examen de la localisation acoustique pour le diagnostic des processus cérébraux.
Ann. Oto-laryng. (Paris)78, 572 (1961)
- PREIBISCH-EFFENBERGER, R.: Zur Methodik der Richtungs-audiometrie: Prüfung der Schall-Lokalisationsfähigkeit durch elektroakustische Verzögerungskette oder Messungen im freien Schallfeld?
Arch. klin. exp. Ohr- Nas.- u.Kehlk.heilk. 187, 588 (1966)
- RÖSER, D.: Die zentralen Vorgänge beim Richtungshören.
Arch. Ohren- usw. Heilk. u. Z. Hals- usw. Heilk. 177, 57 (1960)
- RÖSER, D.: Das Richtungsgehör des Schwerhörigen.
Z. Laryng. Rhinol. 45, 423 (1966)
- SZMEJA, Z. a. T. GERWEL: Remarks concerning the problem of auditory localisation examined in the free auditory area in elderly individuals.
Otolaryng. pol. 18, 223 (1964).

Ich danke Herrn Doz. Dr. Ganz für die Themenstellung und die Zeit und Mühe, die er für die Arbeit verwandt hat.

Herrn Prof. Dr. Dr. Heuser gebührt mein Dank für die freundliche Übernahme des Correferates.

LEBENSIAUF

Am 26. 8. 1943 wurde ich, Britta Mattern, als erstes Kind des Diplomlandwirtes Walter Mattern und seiner Ehefrau Anneliese, geborene Berg, in Bielitz / OS geboren und auf den evangelischen Glauben getauft. Mein Vater gilt ab Januar 1945 als in Ostpreußen vermißt. Nach der Todeserklärung meines Vaters durch das Amtsgericht Mainburg schloß meine Mutter am 8. 11. 1950 eine neue Ehe mit dem damaligen Landwirtschaftsassessor Helmut Schumann. Meine Kindheit verbrachte ich nach der Flucht 1945 aus Schlesien in Niederbayern. Ab September 1949 ging ich in Sandelzhäusern zur Volksschule. Durch die Versetzung meines Stiefvaters nach Bad Neustadt/Saale besuchte ich ab September 1953 bis Juli 1954 die dortige evangelische Volksschule.

Im September 1954 trat ich in die erste Klasse des Realgymnasiums in Bad Neustadt/S. ein. Eine Versetzung meines Stiefvaters nach Neustadt/Aisch im Jahre 1956 machte eine Umschulung an das dortige humanistische Gymnasium notwendig. Diese Schule besuchte ich bis zur neuerlichen Versetzung meines Stiefvaters nach Weiden/Oberpfalz. Wegen meiner größeren Neigung zu naturwissenschaftlichen Fächern als zu alten Sprachen trat ich in die 6. Klasse der Mädchenoberrealschule über. Im Juni 1963 legte ich nach 9-jährigem Besuch von höheren Schulen die Reifeprüfung ab.

Im Wintersemester 1963/64 begann ich das Studium der Zahnmedizin in Erlangen. Im März 1966 bestand ich das Physikum. Nach dem 1. klinischen Semester wechselte ich die Universität und studierte ab dem Wintersemester 1966/67 an der Universität in Marburg, wo ich am 23.1.1969 das Staatsexamen bestand.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren
Professoren und Dozenten:

in Erlangen: Bauer, Fießelmann, Gall, Harndt,
Hoferichter, Horstmann, Keidel,
Kobes, Kröncke, Leonhardt, May,
Meuwsen, Müller, Paschke,
Plattig, Stammer, Steinhardt,
Spreng, Wegener, Witte.

in Marburg: Berendes, Bommer, Gedigk, Hennis,
Hering, Heuser, Hildebrandt, Ihm,
Korb, Janke, Mann, Niemeyer,
Pantke, Rodek, Salfeld, Schiff,
Schmidt, Siegert, Siess, Staib.

